

ISOLASI DAN IDENTIFIKASI KOMPONEN SENYAWA PENYUSUN BAU PADA LIMBAH PABRIK TAPIOKA

Yoso Wiyarno dan Sri Widyastuti

Dosen Teknik Lingkungan Universitas PGRI ADI BUANA

Jl. Ngagel Dadi 3 B No. 37 Surabaya

email : yosowiyarno@gmail.com

rafirudi@yahoo.co.id

ABSTRAK

Telah dilakukan penelitian untuk mengisolasi senyawa yang membentuk bau limbah cair tapioka dengan menggunakan ekstraktor. Sampel berasal dari limbah cair industri tapioka rumah tangga di Desa Sri Hardono, Kecamatan Pudong, Kabupaten Bantul. Sebelum isolasi dilakukan, peralatan ekstraksi diuji dulu untuk optimasi sehingga dapat menghasilkan senyawa bau lengkap. Data diambil setelah dilakukan analisis. Berdasarkan hasil analisis dengan menggunakan Kromatografi Gas (GC) dan Kromatografi Gas –Spektroskopi Massa (GC-MS), yang diperoleh senyawa : 1,2 Benzenedicarboxylic acid, dioctyl ester, bis(2-ethylhexyl) ester, diisooctyl ester.

Kata kunci: bau, limbah tapioka, ekstraksi, senyawa dan limbah tapioka

PENDAHULUAN

Tapioka adalah tepung dengan bahan baku ketela pohon (*Manihot esculenta* Crantz) sebagaimana terlihat pada gambar 1.1. yang merupakan tanaman mudah tumbuh di daerah tropis seperti Indonesia. Produk yang dihasilkan dari tepung ketela pohon ini merupakan salah satu bahan untuk keperluan industri makanan, industri farmasi, industri tekstil, industri perekat, dan lain sebagainya.



Gambar 1. Ketela Pohon
(*Manihot esculenta* Crantz.)

Namun disisi lain produksi tepung tapioka menghasilkan limbah dalam jumlah besar terutama berupa limbah cair karena proses pembuatan tepung tapioka memang memerlukan

air dalam jumlah besar, dimana 1 ton produk tepung tapioka akan menghasilkan limbah cair sebesar 30-50 m³ (Amatya,1996). Gambar 1.2 mem-perlihatkan diagram alir proses produksi tepung tapioka dari ketela pohon baik industri skala kecil (home industri) maupun industri skala besar Kandungan utama limbah cair adalah zat organik berupa karbohidrat kompleks yang mudah terurai menjadi karbohidrat sederhana selain nitrogen dan pospat yang terdapat dalam jumlah kecil.

Tingginya kandungan zat organik dalam limbah cair industri tapioka membuat limbah cairnya sangat mudah diuraikan. Sehingga meskipun tanpa diberi perlakuan akan terjadi penguraian limbah oleh mikroba yang ada di dalam limbah maupun di alam tersebut hingga menghasilkan senyawa-senyawa organik sederhana yang menimbulkan bau seperti metana (CH₄) dan karbondioksida (CO₂). Proses penguraian senyawa organik dengan menggunakan mikroba yang menghasilkan metana (CH₄) dan karbondioksida (CO₂) dikenal sebagai proses metanogenesis. Proses metanogenesis adalah proses peruraian oleh spesies mikroba metanogenik. Proses ini terjadi melalui dua fase dimana asam lemak yang mudah menguap (VFA = Volatile Fatty Acid) dan produk akhir fermentasi sebagai hasil dari hidrolisa bakteri

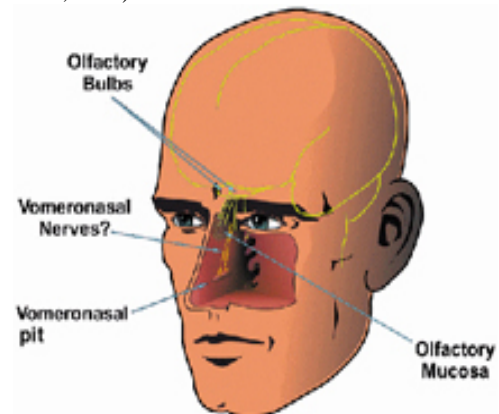
fermentasi diubah secara langsung menjadi metana dan karbondioksida (Hartati, Mumpuni Endang, 1999). Langkah pertama dari proses metanogenesis ini adalah proses hidrolisis dan fermentasi. Langkah kedua adalah reaksi yang disebut sebagai reaksi *syntropik asetoogenesis*. Mikroba yang melakukan reaksi ini dengan menggunakan hidrogen dari reaksi metanogenesis mengubah produk metabolisme dari reaksi pertama menjadi asam asetat dan hidrogen (atau asam format).

Langkah ketiga adalah reaksi pembentukan metana dimana reaksi ini merupakan reaksi akhir dari proses peruraian limbah bahan pangan atau limbah yang mengandung zat organik. Reaksi ketiga ini menggunakan produk dari reaksi pertama dan kedua untuk menghasilkan metana dan karbondioksida.

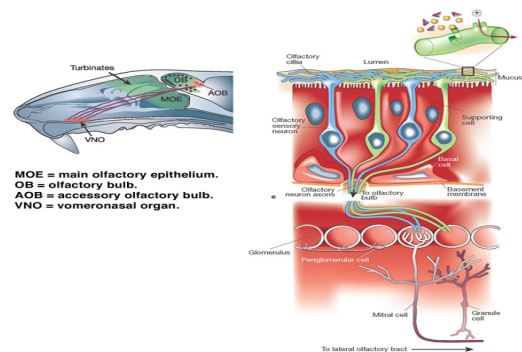
Gas metana dan karbondioksida yang muncul kurang lebih 75 – 80 % dari keseluruhan hasil peruraian limbah. Apabila proses pembuatan tepung tapioka menggunakan asam sulfat maka akan muncul juga gas hidrogen sulfida (H_2S). Gas yang muncul seperti metana dan hidrogen sulfida inilah yang berpotensi menimbulkan bau. Namun tidak hanya kedua gas itu saja yang berpotensi menimbulkan bau karena reaksi di dalam proses penguraian limbah tersebut juga akan menghasilkan senyawa yang kemudian berkombinasi dengan kedua gas tadi akan menghasilkan bau limbah yang khas untuk bau limbah cair industri tapioka.

Penyusun utama dari persepsi bau adalah berbagai senyawa kimia terutama senyawa organik dengan berat molekul rendah mulai dari 15 sampai 157 (Sabdo Yuwono, 2004). Diperkirakan satu bau bisa dibedakan dari ribuan bau yang lain oleh indera penciuman kita, dan indera penciuman kita dapat membedakan dan mengenali ribuan bau tadi sehingga terkadang timbulnya suatu bau akan mengingatkan kita pada kenangan akan sesuatu. Bau biasanya merupakan senyawa volatil karena untuk bisa menyentuh indera penciuman kita senyawa tersebut harus berada dalam udara (menguap) dan salah satu indikatornya adalah kevolatilannya. Senyawa penyusun bau sebagian telah ada dalam bahan mentah, kadang terbentuk selama proses pengolahan makanan atau pada saat penyimpanan seperti pada pembuatan kopi atau teh. Keterangan mengenai jenis bau yang muncul di udara dapat diperoleh melalui epitel olfaktori, yaitu suatu bagian yang berwarna kuning kira-kira sebesar perangko yang terletak pada bagian atas dinding rongga hidung di atas tulang *turbinate* seperti terlihat pada gambar 2.1. (http://www.wetc.org/loyola/mems_fh_17_gif_odorsensor).

http://www.wetc.org/loyola/mems_fh_17_gif_odorsensor, 2004).



Gambar 2. Tulang turbinat tempat sel olfaktori
http://www.wetc.org/loyola/mems_fh_17_gif_odorsensor

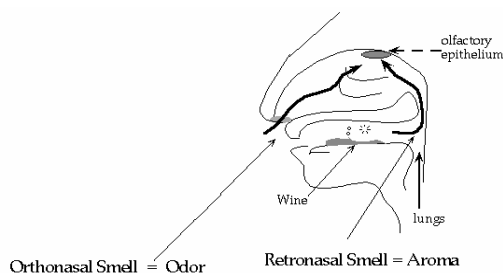


Gambar 3. Epitel olfaktori
http://www.wetc.org/loyola/mems_fh_17_gif_odorsensor

Manusia mempunyai 10 – 20 juta sel olfaktori (pada kelinci 100 juta) dan satu sel bertugas mengenali dan menentukan jenis bau yang masuk. Sel-sel ini terletak pada epitel olfaktori tersebut. Setiap sel olfaktori mempunyai ujung-ujung berupa rambut-rambut halus yang disebut silia yang berada pada lapisan mukosa.

Bau-bauan baru dapat dikenali apabila berbentuk uap, dan molekul-molekul komponen bau tersebut harus sempat menyentuh silia sel olfaktori, dan diteruskan ke otak dalam bentuk impuls listrik oleh ujung-ujung syaraf olfaktori. Berbagai teori mengenai timbulnya bau sudah dikembangkan, tetapi belum ada teori yang pasti bagaimana bau bisa kita rasakan. Ada teori yang menyebutkan adanya depolarisasi listrik sel olfaktori bila molekul senyawa bau mengenai sel yang kemudian diteruskan ke otak.

Bau dan aroma dapat dibedakan berdasarkan persepsi yang muncul dari sel olfaktori kemudian masuk ke indera penciuman dan perasa seperti yang dapat kita lihat pada gambar 4.



Gambar 4 Persepsi bau

http://www.nyses.cornell.edu/fst/faculty/acree_fs430/notes/acree_odor_units

Karena masih banyak yang belum kita ketahui tentang bau dan proses pembentukannya hingga bau bisa kita rasakan maka banyak penelitian yang telah dilakukan berkaitan dengan upaya mengambil dan mengenali apakah sebenarnya bau itu. Apa saja komponen senyawa sebagai penyusun bau, karena suatu bau tidak akan berdiri sendiri namun tersusun dari ribuan senyawa. Seperti contoh apabila kita bicara tentang bau bunga mawar misalnya maka akan terdapat ribuan senyawa sebagai penyusun bau sehingga di otak kita akan muncul persepsi tentang bau bunga mawar. Demikian pula halnya dengan bau pada suatu limbah, perlu diketahui juga apa saja komponen senyawa penyusun bau limbah tersebut, terutama metode untuk mengambil dan kemudian mengenali komponen senyawa penyusun bau tersebut.

Pemilihan metode untuk mengisolasi bau ditentukan oleh sejumlah faktor, termasuk tujuan untuk mempelajari bau, peralatan yang tersedia, jumlah sampel, waktu yang tersedia. Sebuah cara kontrol kualitas akan menawarkan metode yang cepat untuk isolasi bau (sebagai contoh teknik sampling headspace, ekstraksi pelarut, atau direct injection). Teknik tersebut tidak akan memberikan gambaran bau yang komplit tetapi hanya akan memberikan komponen utama. Apabila komponen utama sudah dapat dianggap memberikan informasi yang dibutuhkan, maka salah satu metode analisis yang cepat tersebut diatas dapat diterima. Apabila dibutuhkan gambaran bau yang lengkap, metode yang lebih banyak memakan waktu seperti distilasi atau ekstraksi pelarut yang efisien akan dibutuhkan.

Pemilihan sampel yang sesuai, preparasi dan metode isolasi bau yang akan dilakukan harus dipertimbangkan masak-masak. Teknik analisa yang sempurna tidak akan memperbaiki kesalahan yang dibuat diawal preparasi isolasi bau. Aturan umum dalam proses isolasi bau adalah pemeriksaan dengan sensory evaluasi atau sensory analisis untuk meyakinkan bahwa komponen yang dianalisis atau karakteristik bau

yang diinginkan terdapat dalam isolat bau. Dengan melakukan tes perbedaan *triangle tes* terhadap berbagai waktu ekstraksi selama isolasi maka diharapkan diperoleh waktu yang paling tepat untuk isolasi sampel.

Ada beberapa cara untuk mengambil bau dari lingkungan seperti headspace (dinamik atau statik), metode distilasi, ekstraksi pelarut dan injeksi langsung (Stewart, dan Withaker, 1984). Masing-masing metode memiliki kelebihan dan kekurangan. Metode yang diharapkan menghasilkan gambaran bau yang lengkap adalah dengan metode distilasi dan ekstraksi (Heath 1986)

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, maka tujuan penelitian ini adalah

1. Melakukan isolasi komponen senyawa volatil yang menjadi penyusun bau limbah cair industri tapioka pada bak pengendapan setelah 24 jam dengan cara ekstraksi modifikasi, karena limbah cair setelah 24 jam berada pada bak pengendapan tapioka mulai terjadi proses pembusukan dan timbul bau. (Bapedal,1996).
2. Mengidentifikasi komponen senyawa penyusun bau limbah cair industri tapioka pada bak pengendapan tapioka setelah lima jam dengan Kromatografi Gas (GC) dan Kromatografi Gas-Spektroskopi Massa (GC-MS).
3. Melakukan isolasi komponen senyawa volatil yang menjadi penyusun bau limbah cair industri tapioka pada inLet IPAL dengan cara ekstraksi modifikasi.
4. Mengidentifikasi komponen senyawa penyusun bau limbah cair industri tapioka pada inLet IPAL dengan Kromatografi Gas (GC) dan Kromatografi Gas -Spektroskopi Massa (GC-MS).

Mengacu pada Keputusan Menteri Lingkungan Hidup No 50 tahun 1996 tentang bakumutu tingkat kebauan, disebutkan beberapa komponen senyawa dengan ambang batas konsentrasi yang dianggap sebagai sumber bau. Namun Keputusan Menteri Lingkungan Hidup No 50 tahun 1996 tentang bakumutu tingkat kebauan tersebut adalah aturan yang umum untuk seluruh bau limbah, lalu bagaimana dengan komponen senyawa lain yang tidak terdapat dalam aturan tersebut namun merupakan komponen utama penyusun bau pada suatu limbah seperti pada limbah cair pabrik tapioka yang baunya sangat meresahkan masyarakat ? Oleh karena itu Manfaat yang diperoleh dalam penelitian ini adalah akan dapat diketahui komponen utama penyusun bau limbah cair pabrik tapioka

METODE PENELITIAN

A. Alat Penelitian

1. Seperangkat alat ekstraksi yang dimodifikasi gambar pada lampiran 1
2. Seperangkat alat pemanas yang dihubungkan dengan arus listrik.
3. Pompa hisap air yang telah dimodifikasi
4. Peralatan gelas laboratorium.
5. Kromatografi gas
6. Kromatografi gas – Spektroskopi Massa QP 2010S SHIMADZU

B. Bahan Penelitian

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

1. Limbah cair industri tapioka
2. Chloroform (p.a. dari E. Merck)
3. Natrium sulfat anhidrid (p.a. dari E. Merck)
4. Pentana (p.a. dari E. Merck)

C. Jalan Penelitian

1 Uji coba alat

- a. Dilakukan uji coba untuk mengetahui efektifitas alat ekstraksi modifikasi terhadap limbah cair industri tapioka. Uji coba meliputi ukuran alat gelasnya sehingga bisa dihasilkan sirkulasi sampel yang optimum yang akan mengefektifkan penguapan komponen volatil sampel. Selain itu uji coba juga dilakukan agar jumlah sampel yang digunakan dapat sesedikit mungkin tetapi akan menghasilkan gambaran senyawa penyusun bau yang lengkap.
- b. Dilakukan uji coba terhadap waktu isolasi sehingga dapat dihasilkan bau sesuai dengan yang diharapkan. Sampel diisolasi berturut-turut selama 4 dan 6 jam. Setiap selesai isolasi dilakukan uji inderawi (*sensory analisis*) dengan uji perbedaan (*triangle test*) (Jelilinek, G., 1985) untuk mengetahui apakah ada perbedaan bau antara sampel yang sudah diisolasi sekian jam dengan sampel segar
- c. Apabila terdapat perbedaan bau yang menyolok maka dikhawatirkan yang diisolasi bukan komponen senyawa penyusun bau limbah cair industri tapioka
- d. Dilakukan proses isolasi dengan peralatan yang telah disempurnakan dengan sirkulasi yang paling efektif serta lama waktu isolasi yang tepat.

2. Cara Kerja

- a. Sampel dimasukkan ke dalam tempat sampel (bagian a) sementara memasukkan pompa hisap dijalankan sehingga sampel

- perlahan-lahan dapat masuk dan naik sampai ke labu *speed bowl* dan sampel dapat menyemprot di seputar dinding labu.
- b. Apabila proses vakum telah berjalan dan sampel sudah dapat berputar dan mengalir lancar maka dapat dilakukan perhitungan waktu ekstraksi.
- c. Aliran sampel terjadi dari bagian (a) mengalir ke bagian (b) dan terjadi penguapan flavor dibagian (c) .
- d. Proses isolasi dilakukan selama 4 jam setelah itu ekstrak yang telah mengalami proses pengembunan diekstrak dengan pentana dan dietil eter untuk memisahkan fasa organik dari fasa air yang ada dalam ekstrak.
- e. Setelah itu dikeringkan dengan Na_2SO_4 . Hasil ekstraksi dianalisis dengan kromatografi gas dan gabungan kromatografi gas-spektroskopi massa.
- f. Langkah-langkah ini diterapkan untuk sampel limbah cair pada bak pengendapan tapioka setelah 5 jam (sampel A) sampel dan pada inlet IPAL (sampel B)
- g. Untuk trapping hasil ekstraksi dilakukan dengan dua cara yaitu trapping dengan menggunakan larutan yaitu chloroform dan trapping tanpa pelarut. Senyawa chloroform dipilih karena memiliki berat molekul yang lebih rendah daripada berat molekul kelompok senyawa bau limbah cair industri tapioka yang secara teoritis merupakan kelompok senyawa asam karboksilat. Sehingga digarapkan pada saat dilakukan analisis dengan kromatografi gas maupun gabungan kromatografi Gas dan Spektroskopi Massa maka chloroform sebagai pelarut trapping akan muncul lebih dahulu pada kromatogram GC dan GC-MS atau bahkan telah menguap selama waktu injeksi ekstrak ke dalam GC dan GC-MS.

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. HASIL

Berdasarkan langkah-langkah pengambilan data penelitian tersebut diatas maka diperoleh data sebagai berikut :

1. Pada sampel A yang diambil di bak pengendapan setelah 24 jam proses pembuatan tepung tapioka. Pemantauan secara organoleptik menunjukkan bau limbah yang sangat menyengat akan tetapi hasil analisis dengan menggunakan kromatografi gas tidak muncul puncak dominan yang dapat dianalisis dengan gabungan kromatografi gas dan Spektroskopi Massa.

2. Dilakukan penambahan alat trapping. Alat trapping ditambah 1 (satu) alat lagi dan didalam alat trapping kedua diberi pelarut chloroform
3. Proses ekstraksi diulang selama 3 (tiga) kali namun tetap tidak muncul puncak dominan dalam kromatogram. Hal ini memang mungkin terjadi karena indera pembau kita dapat menangkap bau pada konsentrasi 10^{-9} namun konsentrasi sekecil itu yang dapat di deteksi oleh indera pencium manusia tidak dapat dideteksi oleh alat analisis Kromatografi Gas.
4. Pada sampel B yang diambil dari tempat pengeluaran cairan limbah setelah 3 hari proses pengendapan tapioka. Hasil analisis dengan menggunakan kromatografi gas diperoleh 3 (tiga) puncak dominan. Sampel selanjutnya dianalisis dengan menggunakan gabungan kromatografi gas dan spektroskopi massa. Hasil analisis dengan menggunakan gabungan kromatografi gas dan spektroskopi massa menunjukkan 9 (sembilan) puncak dengan 3 (tiga) puncak dominan. Selanjutnya dengan menggunakan fasilitas pustaka yang ada dalam spektroskopi massa diperoleh data senyawa yang merupakan komponen senyawa utama penyusun bau limbah cair industri tapioka. Komponen senyawa tersebut adalah

B. PEMBAHASAN

Berbagai metode telah dilakukan untuk pengambilan dan pemisahan senyawa volatil sebagai komponen bau. Metode ini secara umum dapat diklasifikasikan menjadi : pengambilan berdasarkan sifat fisiknya, kelarutannya, adsorpsi dan metode kimia (Maga, 1990).

Pemilihan metode tersebut ditentukan oleh sejumlah faktor yang meliputi tujuan melakukan penelitian tentang bau, tersedianya peralatan, jumlah sampel dan waktu yang tersedia untuk penelitian.

Prinsip kerja alat modifikasi ini adalah merupakan ekstraktor senyawa penyusun bau dengan memperluas permukaan sampel sehingga penguapan senyawa penyusun bau akan lebih mudah terjadi. Fungsi alat-alat tersebut adalah : Pada pipa kaca no 3

- a. Setelah udara dihisap maka akan masuk udara yang berupa gelembung, yang akan mampu mendorong dan mengangkut bubuk sampel pada pipa kaca no 3 menuju *speed bowl* (alat

no 4) oleh karena itu, diameter alat no 3 harus dibuat sekecil mungkin.

- b. Memudahkan pemanasan.

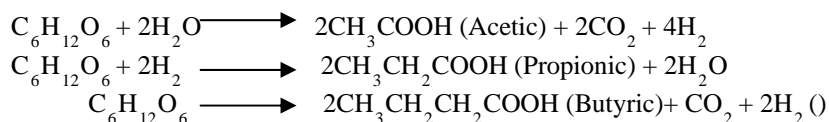
Fungsi alat no 4 adalah pada saat bubuk sampel keluar pada ujung *speed bowl* yang dibuat kecil dan karena pengaruh pompa hisap, bubuk sampel akan menyemprot dan semprotan itu dibenturkan seputar dinding labu. Dari hasil benturan itu akan menambah luas permukaan dan fungsi penguapan akan menjadi lebih mudah terjadi.

Hasil analisis sampel dengan menggunakan GC menunjukkan munculnya 2 (dua) puncak utama pada waktu retensi yang sama, sehingga dapat disimpulkan komponen penyusun bau tersebut adalah senyawa-senyawa pada waktu retensi tersebut.

Hasil analisis dengan menggunakan GC-MS pada sampel menunjukkan ada 9 (sembilan) puncak utama, tetapi setelah dilakukan pelacakan (*scanning*) dan dengan pendekatan pustaka (*library searching*) terdapat 4 jenis senyawa. Senyawa tersebut adalah 1,2 Benzenedicarboxylic acid, dioctyl ester, bis(2-ethylhexyl) ester, diisooctyl ester. Gugus fungsi yang dimiliki oleh ke empat komponen tersebut sama seperti apa yang telah disampaikan secara teori seperti yang disebutkan dalam Endang Hartati Mumpuni (1999) dan Huynh Ngoc Phuong Mai (2006) .

Berdasarkan spektra spektroskopi massa, maka senyawa-senyawa komponen penyusun bau limbah cair industri tapioka, tersebut berasal dari langkah-langkah proses peruraian oleh mikroba yang dikenal sebagai reaksi metanogenesis. Meskipun muncul beberapa senyawa yang berbeda yang menjadi ciri khusus limbah cair tapioka disuatu tempat yang akan berbeda dengan tempat lain.

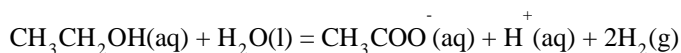
Langkah pertama dari proses metanogenesis ini adalah proses hidrolisis dan fermentasi. Dalam proses ini mikroba melakukan hidrolisis dan fermentasi terhadap senyawa organik kompleks yang ada seperti protein, polikarbonat, lemak dan lain sebagainya menjadi senyawa organik sederhana (seperti asam format, asam asetat, asam propionat, asam butirat dan asam lemak lain serta etanol), hidrogen dan karbondioksida. Reaksi fermentasi glukosa oleh bakteri fermentatif adalah sebagai berikut sebagaimana dikemukakan oleh Zeikus, J.G., dalam Huynh Ngoc Phuong Mai (2006) .



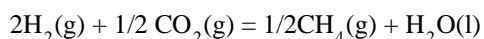
Langkah kedua adalah reaksi yang disebut sebagai reaksi sintropik asetogenesis. Mikroba yang melakukan reaksi ini dengan menggunakan hidrogen dari reaksi metanogenesis mengubah produk metabolisme dari reaksi pertama menjadi asam asetat dan hidrogen (atau asam format).

Langkah ketiga adalah reaksi pembentukan metana dimana reaksi ini merupakan reaksi akhir

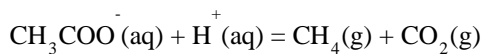
Ethanol



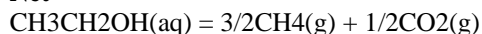
Hydrogen



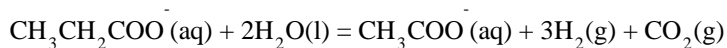
Acetate



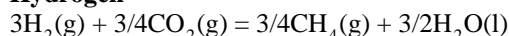
Net



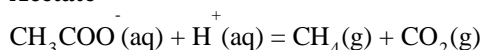
Propionate



Hydrogen



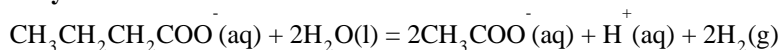
Acetate



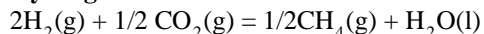
Net



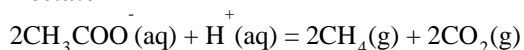
Butyrate



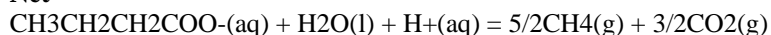
Hydrogen



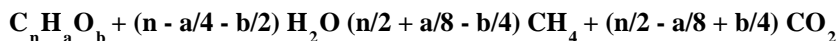
Acetate



Net



Reaksi keseluruhan adalah sebagai berikut



(Schmidt, J.E., and Ahring, B.K., 1996)

Gas metana dan karbondioksida yang muncul kurang lebih 75 – 80 % dari keseluruhan hasil peruraian limbah. Apabila proses pembuatan tepung tapioka menggunakan asam sulfat maka akan muncul juga gas hidrogen sulfida (H_2S). Gas yang muncul seperti metana dan hidrogen sulfida inilah yang berpotensi menimbulkan bau. Namun tidak hanya kedua gas itu saja yang berpotensi menimbulkan bau karena reaksi di dalam proses penguraian limbah tersebut juga akan menghasilkan senyawa yang kemudian berkombinasi dengan kedua gas tadi akan menghasilkan bau limbah yang khas untuk bau limbah cair industri tapioka.

dari proses peruraian limbah bahan pangan atau limbah yang mengandung zat organik. Reaksi ketiga ini menggunakan produk dari reaksi pertama dan kedua untuk menghasilkan metana dan karbondioksida. Reaksi pembentukan metana dari etanol, asam asetat dan asam propionat adalah sebagai berikut :

Suatu ester akan melepaskan molekul asamnya sama seperti halnya alkohol melepaskan air. Pelepasan ini melibatkan perpindahan hidrogen kepada oksigen alkohol dari ester. Salah satu alternatif perpindahan hidrogen tersebut adalah penataan ulang Mc Lafferty (Silverstein, 1991).

Menurut Silverstein (1991), pemutusan ikatan cincin hidrokarbon jenuh seperti siklo alkana diikuti dengan hilangnya atom hidrogen dengan karakteristik puncak pada rumusan $\text{C}_n\text{H}_{2n-1}$ dan $\text{C}_n\text{H}_{2n-2}$. Sebagai contoh pemutusan siklo-alkana diatas pada $n=3$ akan muncul karakteristik ion m/e 40 (C_3H_4), disamping itu juga akan terbentuk

karakteristik ion dengan m/e 42 (82–40) dan ion dengan m/e 99.

Karakteristik yang lain adalah adanya pemutusan ikatan karbon-karbon yang akan melepas ion C_2H_4 atau C_3H_6 dan karakteristik ion yang limpahannya besar pada m/e 41 (dari alkil dengan pola C_nH_{2n-1} dimana $n = 3$)

Penafsiran spektra massa puncak-puncak utama diatas didasarkan pada pendekatan pola fragmentasi spektra massa oleh Mc Lafferty (1980), Silverstein (1991) dan Budzikiewicz (1970)

KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan yang telah disajikan sebelumnya, maka dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Komponen volatil sebagai penyusun bau limbah cair industri tapioka dapat diisolasi dengan menggunakan peralatan ekstraksi modifikasi .
2. Berbagai jenis sampel yang diisolasi menghasilkan berbagai jenis senyawa volatil. Komponen volatil yang dapat diidentifikasi dengan menggunakan kromatografi gas-spektrometer massa yang dianalisis dengan pendekatan pustaka adalah : 1,2 Benzenedicarboxylic acid, dioctyl ester, bis(2-ethylhexyl) ester, diisooctyl ester.

B Saran

1. Perlu dilakukan kajian kembali variasi teknik isolasi komponen volatil sebagai penyusun bau limbah cair industri tapioka dengan alat yang dan pelarut organik yang berbeda serta menggunakan lebih banyak spektra referensi sebagai pembanding.
2. Analisa hasil isolasi dengan menggunakan instrumen lain yang lebih mendukung kerja elusidasi, seperti pemisahan dengan kolom kromatografi yang dilanjutkan dengan analisa spektroskopi infra merah dan H^1 NMR.
3. Dilakukan kajian yang bersifat kuantitatif untuk masing-masing komponen volatil .
4. Isolasi komponen volatil sebagai penyusun bau limbah cair industri tapioka tidak begitu mudah dilakukan karena komponen senyawa sangat mudah menguap dan daya pencium manusia yang sangat tajam bahkan dalam rentangan 10^{-3} ppb, sehingga dalam analisa flavor diperlukan peralatan pendukung seperti CO_2 padat, N_2 cair, Cryogenic trap.

DAFTAR PUSTAKA

- Amatya, Prasanna Lal ,1996, Anaerobic Treatment of Tapioca Starch Industry Wastewater by Bench Scale Upflow Anaerobic Sludge Blanket (UASB) Reactor, Thesis, Regional Institute of Technology Jamshedpur, India
- Badan Pengendalian Dampak Lingkungan, 1996, Panduan Teknologi Pengendalian Dampak Lingkungan Industri Tapioka di Indonesia
- Hartati, Mumpuni Endang, 1999, *Proses Pengolahan Air Limbah Industri TAPIOKA Secara Biologi Anaerobik* , Surabaya : Badan Penelitian dan Pengembangan Industri Balai Penelitian dan Pengembangan Industri Surabaya
- Heath, H. B., and G. Reineccius, 1986, *Flavor Chemistry and Technology*, AVI Publishing Co Inc, Connecticut
- http : //www.menlh.go.id/usaha-kecil : Pengelolaan Limbah Industri Kecil Diagram alir Produksi dikunjungi tanggal 2 Maret 2007
- http://www_wetc_org_loyola_mems_fh_17_gif_o dorsensor dikunjungi tanggal 12 Desember 2007
- http://www_nyses_cornell_edu_fst_faculty_acree __fs_430_notes_acree_odor_units dikunjungi tanggal 12 Desember 2007
- Huynh Ngoc Phuong Mai, 2006, Integrated Treatment of Tapioca-Processing Industry Wastewater: Based on Environmental Bio-Technology/Wageningen: Wageningen University PhD-Thesis Wageningen University, Wageningen, the Netherlands – with summaries in English, Dutch and Vietnamese.
- Jelilinek, G., 1985, *Sensory Evaluation of Food. Theory and Practice*, Ellis Horwood, Southampton.
- Keputusan Menteri Lingkungan Hidup No 50 tahun 1996 tentang BakuMutu Tingkat Kebauan
- Maga, J. A., 1990, *Analysis of Aroma Volatil In Principles and Application of Gas Chromatography in Food Analysis* Edited by Michael H. Gordon Ellis Horwood Limited , Essex .
- Nurhasan dan Bambang Pramudyanto, 2006, Panduan Penanganan Limbah Cair Industri Kecil Tapioka

- Sabdo Yuwono, Arief dan Peter Schulze Lammers, 2004, Odor Pollution in the Enviroment and the Detection Instrumentation, Agricultural Engineering international : the CIGR Journal of Scientific Research and Development. Invited Overview Paper Volume VI
- Schmidt, J.E., and Ahring, B.K., 1996. Granular Sludge Formation in Upflow Anaerobic Sludge Blanket (UASB) Reactors. Biotechnology and Bioengineering 49 : 229-246.
- Silverstein, R.M., G.C. Bassler, and T.C. Morrill, 1991, *Spectrometric Identification of Organic Compounds*, Fifth Edition, John Wiley and Sons, London.
- Stewart, K., and J. R. Withaker, 1984, *Modern Methods of Food Anaylisis* , AVI Publishing Co , Connecticut .
- Zeikus, J.G., 1979. Microbial Populations in Digesters. In First Int'l Symposium on Anaerobic Digestion, D.A. Stafford et al. (Eds) A.D. Cardiff Scientific Press, Cardiff, UK : 75-103.